

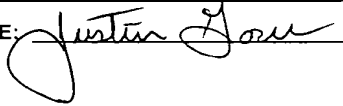
IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:  
**GRIS**

Serial No. **Not yet assigned**

Filing Date: **Herewith**

For: **PROCESS AND INSTALLATION FOR  
DOPING AN ETCHED PATTERN OF  
RESISTIVE ELEMENTS**

) I HEREBY CERTIFY THIS PAPER OR FEE IS BEING  
) DEPOSITED WITH THE U.S. POSTAL SERVICE  
) "EXPRESS MAIL POST OFFICE TO ADDRESSEE"  
) SERVICE UNDER 37 CFR 1.10 ON THE DATE  
) INDICATED BELOW AND IS ADDRESSED TO: MS  
) PATENT APPLICATION, PO BOX 1450,  
) ALEXANDRIA, VA 22313-1450.  
) EXPRESS MAIL NO: EV301516125US  
) DATE OF DEPOSIT: October 20, 2003  
) NAME: Justin Goree  
) SIGNATURE: 

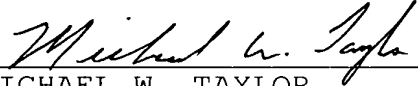
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

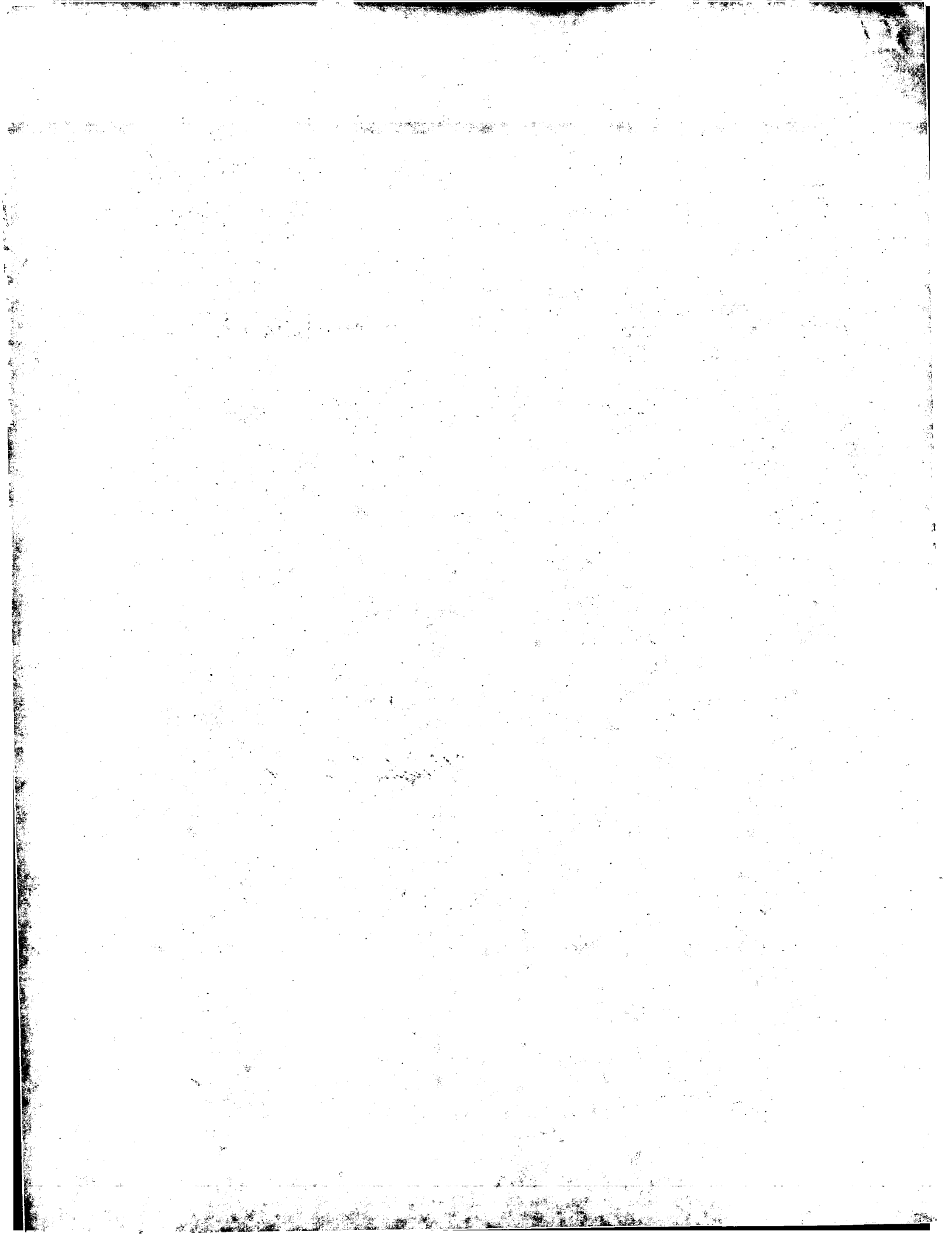
MS PATENT APPLICATION  
COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. BOX 1450  
ALEXANDRIA, VA 22313-1450

Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of the  
priority French Application No. 0213011.

Respectfully submitted,

  
MICHAEL W. TAYLOR  
Reg. No. 43,182  
Allen, Dyer, Doppelt, Milbrath  
& Gilchrist, P.A.  
255 S. Orange Avenue, Suite 1401  
Post Office Box 3791  
Orlando, Florida 32802  
Telephone: 407/841-2330  
Fax: 407/841-2343  
Attorney for Applicant





# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **11 SEP. 2003**

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr





26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

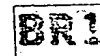
Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*02

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DS 540 0 W / 010521

RÉMISE DES COPIES DATE <b>18 OCT 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0213011</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>18 OCT. 2002</b>		<b>1</b> NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Bureau D.A. CASALONGA - JOSSE 8, avenue Percier 75008 PARIS	
Vos références pour ce dossier (facultatif) B 02/2051FR-ODE			
Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2</b> NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date _____	
ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date _____	
<b>3</b> TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Procédé et installation de dopage d'un motif d'éléments résistifs gravé.			
<b>4</b> DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5</b> DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		STMicroelectronics SA	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		_____	
Code APE-NAF		_____	
Domicile ou siège	Rue	29, Boulevard Romain Rolland	
	Code postal et ville	92 120 MONTRouGE	
	Pays	France	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)			
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, c. chez la case et utilisez l'imprimé «Suit »			

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 2/2

BR2

REMISE DES PIÈCES DATE <b>18 OCT 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0213011</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>(facultatif)</i>		B 02/2051 FR	
<b>6 MANDATAIRE</b> <i>(s'il y a lieu)</i>			
Nom			
Prénom			
Cabinet ou Société		Bureau D.A. CASALONGA - JOSSE	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue	8, avenue Percier	
	Code postal et ville	75 008 PARIS	
	Pays		
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>			
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>			
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
<b>7 INVENTEUR (S)</b>		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé	
Paiement échelonné de la redevance <i>(en deux versements)</i>		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention <i>(joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence)</i> : AG <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI  C. CONTE	

Francis ZAPALOWICZ, bm 92 2048 i.  
Conseil en Propriété Industrielle

## Procédé et installation de dopage d'un motif d'éléments résistifs gravé.

L'invention concerne le domaine de la microélectronique.  
5 L'invention concerne en particulier un procédé et une installation de dopage sélectif d'un circuit intégré comportant un motif ou réseau d'éléments en silicium polycristallin déposé sur de l'oxyde.

Dans le cadre de la présente description, par motif, on entend  
un réseau d'éléments résistifs de type plots, pastilles, barreaux, ou  
10 autres, isolés les uns des autres et placés sur un substrat, avec interposition d'un oxyde.

Il est courant dans les circuits intégrés de réaliser des résistances en silicium polycristallin. La valeur de cette résistance dépend du nombre d'atomes dopants introduits dans ladite résistance  
15 au cours du procédé de fabrication du circuit intégré.

Une méthode connue pour introduire localement des atomes dopants est de réaliser une opération de masquage avec de la résine photosensible et d'introduire, à travers les ouvertures de la résine, les atomes dopants par implantation ionique. Cependant cette opération  
20 est collective en ce sens que toutes les puces d'une même tranche et toutes les tranches d'un même lot sont réalisées à l'identique.

Pour certaines applications il est utile de différencier les tranches les unes des autres ou même les puces les unes des autres. C'est le cas par exemple si on veut inscrire une référence spécifique  
25 ou plus généralement si on veut écrire un programme spécifique dans une mémoire ROM (Read Only Memory) d'une unique puce. On peut réaliser un masque de photolithographie différent pour chaque inscription différente. La limite de cette méthode est vite atteinte à cause du coût prohibitif des masques utilisés en microélectronique.

30 La méthode communément utilisée pour réaliser ces opérations spécifiques est l'écriture directe sur tranche par un faisceau d'électrons, c'est-à-dire l'insolation par un faisceau d'électrons d'une résine sensible aux électrons. Le masque utilisé devient virtuel car il

est inscrit sous forme d'un programme dans la machine d'insolation. Il est connu que la vitesse de traitement des tranches de ces équipements d'insolation par faisceaux d'électrons est faible. Il faut non seulement décrire avec précision la frontière d'un élément du motif à réaliser, ce  
5 qui nécessite un faisceau très étroit, mais il faut également balayer la surface de tout l'élément de motif à insoler, ce qui impliquerait, a contrario, un faisceau de plus grande surface pour aller vite.

Les machines d'insolation par électrons sont également très complexes car il faut pouvoir positionner le faisceau d'électrons avec  
10 une grande précision afin de décrire des éléments de motif petits, de dimension inférieure à 0.1  $\mu\text{m}$ .

Les machines d'insolation par électrons nécessitent des ressources importantes en informatique. Tout le masque à dessiner doit en effet être décrit sous forme de programme informatique. De plus la  
15 méthode d'insolation par un faisceau d'électrons apporte à la surface de la résine des charges électrostatiques susceptibles de dévier le faisceau d'électrons. Ainsi la forme d'un élément de motif décrit crée des effets électrostatiques influant sur la forme des éléments de motif adjacents. Ces effets de proximité compliquent singulièrement le  
20 programme d'écriture utilisé par la machine d'insolation par électrons qui doit les corriger. De plus ces effets de proximité limitent les dimensions minimales utilisables pour les motifs décrits par le faisceau d'électrons.

Un but de l'invention est donc de proposer un procédé et une  
25 installation de dopage permettant la programmation sélective et rapide de certains éléments d'un motif de certaines puces sur une même tranche, sans utiliser de masque spécifique et sans devoir utiliser une machine d'insolation par faisceau d'électrons.

Un autre but de l'invention est de proposer un procédé et une  
30 installation de dopage nécessitant un équipement plus simple que ceux utilisés pour l'écriture directe sur tranche par un faisceau d'électrons au niveau de des caractéristiques mécaniques, électroniques et de programmation.



Un autre but de l'invention est de proposer une méthode et une installation de dopage n'influant pas sur les dimensions minimales d'un élément de motif devant être dopé.

- 5           Ainsi, selon un premier aspect, l'invention a pour objet un procédé de dopage d'un motif d'éléments résistifs isolés électriquement comprenant les étapes consistant à
- charger électriquement et sélectivement les éléments dudit motif ;
  - apporter des atomes dopants auxdits éléments, en
  - 10           fonction de leur charge ; et
  - recuire le motif.

Selon un mode de mise en oeuvre, la charge électrique est apportée par un faisceau d'électrons ou un faisceau d'ions.

- 15           Selon un mode de mise en œuvre, l'étape de chargement électrique des éléments résistifs comprend le chargement de l'ensemble du motif et le déchargement sélectif des éléments par un faisceau laser.

- 20           Selon un mode de mise en œuvre, l'étape consistant à apporter les atomes dopants consiste à adsorber des ions à la surface des éléments chargés.

Selon un mode de mise en oeuvre, les ions sont produits par un plasma et sont constitués par des ions issus d'atomes choisis parmi le bore, l'aluminium, l'indium, le phosphore, l'arsenic, et l'antimoine.

- 25           Selon un mode de mise en œuvre, l'étape consistant à apporter les atomes dopants consiste à implanter des ions à la surface des éléments non chargés avec une énergie inférieure à 100 eV.

Par exemple, les ions implantés sont issus d'atomes choisis parmi le bore, l'aluminium, l'indium, le phosphore, l'arsenic, et l'antimoine.

- 30           Les éléments du motif à doper sont avantageusement en matériau semi-conducteur, par exemple en silicium, germanium ou arséniure de gallium.

Selon un autre aspect, l'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un circuit intégré dans un substrat en silicium comportant les étapes suivantes :

- 5 - dépôt sur le substrat d'une couche isolante ;
- dépôt d'une couche de silicium sur la couche isolante ;
- gravure d'un motif d'éléments résistifs dans ladite couche de silicium ;
- apport sélectif d'une charge électrique sur des éléments prédéterminés ; et
- 10 - dopage des éléments en fonction de leur charge. ;

Selon un mode de mise en œuvre, les éléments du motif devant être dopés sélectivement sont séparés par des lignes conductrices reliées à un potentiel fixe pendant la phase d'apport sélectif de la charge électrique sur lesdits motifs du réseau.

- 15 Enfin, selon l'invention, il est proposé une installation de dopage sélectif d'un motif d'éléments résistifs isolés électriquement, comportant trois chambres accessibles par un sas unique, caractérisé en ce que la première chambre comporte des moyens pour charger sélectivement un ou des éléments sélectionnés du motif, la deuxième
- 20 chambre comporte des moyens pour doper les éléments en fonction de leur charge et la troisième chambre comporte des moyens de recuit.

- 25 Selon un mode de réalisation, la première chambre comporte des moyens pour générer un faisceau d'électrons et le focaliser à un endroit précis d'une tranche ; la deuxième chambre comporte des moyens pour générer un plasma d'ions dopants pouvant atteindre une tranche placée à proximité ; et la troisième chambre comporte des moyens pour effectuer un recuit rapide d'une tranche.

- 30 Selon un mode de réalisation, l'équipement comprend un SAS principal distribuant des tranches dans les trois chambres par l'entremise de sas secondaires.

Ces buts, caractéristiques et avantages de la présente invention, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description

suivante de modes de réalisation particuliers, faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

La figure 1 est une vue en coupe d'un circuit intégré réalisé conformément à l'invention ;

5 La figure 2 est un schéma de principe d'une installation destinée à la programmation du circuit de la figure 1 ;

La figure 3 est une vue en coupe d'un circuit illustrant un autre mode de mise en œuvre d'un procédé selon l'invention ;

10 La figure 4 illustre un troisième mode de mise en œuvre d'un procédé selon l'invention.

Comme cela est usuel dans le domaine de représentation des composants semiconducteurs, les diverses vues en coupe ne sont pas tracées à l'échelle.

15 On décrit ci-après, en référence à la figure 1, un premier mode de mise en œuvre d'un procédé de fabrication d'un circuit intégré conforme à l'invention.

Le substrat de départ pour la réalisation de l'invention est, par exemple, un substrat de silicium monocristallin 1 dans lequel on a, par les moyens usuels en technologie de microélectronique, réalisé des  
20 composants électroniques. Ces composants seront reliés électriquement, dans des étapes ultérieures du procédé de fabrication des circuits intégrés, par des niveaux d'interconnexions métalliques réalisés au sein d'un isolant électrique.

25 Avant ces étapes de réalisation des interconnexions métalliques on dépose sur toute la tranche un isolant diélectrique 2, par exemple 400 nm d'oxyde de silicium. Cette couche peut être beaucoup plus fine, par exemple 10 nm ou bien plus épaisse, par exemple 2  $\mu\text{m}$ .

30 On dépose alors du silicium polycristallin. Il sera, de préférence très légèrement dopé de façon à présenter une résistance supérieure à 10  $\text{M}\Omega$  par carré. Cette résistance est ajustée par un moyen classique, par exemple une implantation ionique. L'épaisseur de la couche de silicium est de préférence comprise entre 20 et 600 nm, de préférence elle est de 200 nm.

On grave cette couche de silicium de manière à réaliser un motif d'éléments résistifs. Ce motif peut être formé de simples barreaux de silicium destinés à réaliser une fonction de résistance. Une coupe de la tranche obtenue est schématisée par la figure 1. On a représenté un élément résistif en silicium 3 flanqué de deux autres éléments résistifs 4 situés de chaque côté. Les dimensions minimales sont définies par les règles de dessin de la technologie utilisée pour réaliser le circuit intégré. On a alors, à cette étape du procédé, des éléments en silicium 3, 4 entièrement isolés électriquement les uns des autres et du substrat.

On apporte par un faisceau d'électrons une charge électrique négative sur certains éléments prédéterminés du motif, tel que l'élément désigné par la référence numérique 3 sur la figure 1.

Il existe des équipements d'observation par microscopie électronique à balayage des tranches de silicium pouvant être utilisés pour la mise en œuvre de cette étape.

Ces équipements utilisent des faisceaux d'électrons de très faible intensité, inférieure à 10 pA, afin de ne pas charger électriquement les surfaces observées. Pour charger sélectivement un élément de motif 3, il suffit de programmer le faisceau d'électrons pour qu'il se positionne automatiquement au-dessus de l'élément.

On augmente alors l'intensité du courant du faisceau d'électrons afin de charger négativement l'élément. Par exemple un élément résistif de surface  $0,2 \times 2 \mu\text{m}$ , séparé d'un substrat conducteur par un oxyde d'épaisseur de 200 nm, présente une valeur capacitive par rapport au substrat de l'ordre de  $0,7 \cdot 10^{-16}$  F. Il suffit d'un courant d'électrons de 7 nA pendant 1  $\mu\text{s}$  pour porter cet élément à un potentiel de -100V vis à vis du substrat. Cette valeur est déduite de l'équation de base :  $I = CV/t$  où I, C, V, t représentent respectivement le courant dans une capacité, la valeur de la capacité, la tension aux bornes de la capacité et le temps pendant lequel le courant circule.

Le potentiel est uniforme sur tout l'élément résistif 3 sélectionné car le silicium déposé a été rendu faiblement conducteur.

On place la tranche comportant les éléments 3 ainsi chargés négativement à proximité ou à l'intérieur d'un plasma d'atomes de bore ionisés 5. Un tel plasma peut être obtenu en plaçant un gaz comme le  $B_2F_6$  (fluoro di borane) dans un champ électrique de fréquence de plusieurs giga hertz. Par l'effet des forces électrostatiques des ions de bore ( $B^+$ ) chargés positivement, désignés par la référence 6, vont s'adsorber à la surface des éléments 3. Cette adsorption est uniforme puisque le silicium déposé est à un potentiel uniforme. A la place des ions de bore on peut utiliser des ions d'aluminium ou d'indium ( $Al^+$ ,  $In^+$ ).

On fait pénétrer les atomes de bore adsorbés à l'intérieur des éléments 3 en silicium en chauffant la tranche par exemple avec un système de recuit rapide.

A cet effet, des lampes halogènes 7 portent le substrat à environ  $1000^\circ C$  pendant 1s. Les éléments 3 ainsi dopés de type P deviennent fortement conducteurs. La résistance carrée de ces éléments 3 est de l'ordre de  $100 \Omega$ . Tout autre type de recuit, par exemple un recuit dans un four, est utilisable.

On notera que la sélection de certains éléments 3 de certaines puces de la tranche est faite pendant l'étape du chargement électrique du motif 3. L'équipement utilisé pour réaliser cette étape ne nécessite pas de disposer de performances très élevées car il suffit seulement que la position des éléments soit en mémoire (et non leur forme comme pour l'écriture par faisceau d'électrons précédemment décrite). Il suffit également que la précision des déplacements assure le positionnement du faisceau d'électrons au-dessus des éléments sélectionnés sans plus de précision. Enfin le temps d'écriture de chaque motif est particulièrement court car le courant du faisceau d'électrons peut être augmenté fortement.

Le potentiel de  $-100 V$  choisi dans l'exemple est élevé. Il résulte d'un compromis entre plusieurs paramètres :

- le temps de rétention voulu pour ce potentiel qui décroît au cours du temps à cause des fuites du courant inhérent à tout élément chargé posé sur une surface ;

- la tenue en tension de l'oxyde sous-jacent ;
- la proximité des autres éléments 4 qui ne doivent pas être perturbés par le champ électrique entourant l'élément 3 pendant l'étape d'adsorption ;
- la quantité de dopant à adsorber.

5

En pratique le potentiel d'un élément résistif 3 est supérieur à 5 volts et inférieur à 500 volts.

10

La fin de processus de fabrication de la tranche est classique : on dépose un isolant, par exemple de l'oxyde. Des opérations de photolithographie permettent de graver des trous de contact et de réaliser des niveaux d'interconnexions métalliques entre les différents composants électroniques du circuit intégré et les éléments 3 et 4.

15

Il existe de nombreuses variantes, ou modes de réalisation de cette invention. Ainsi qu'il a été décrit dans le premier mode de réalisation la méthode de dopage comporte trois phases distinctes :

- une première phase : charge d'un élément isolé électriquement ;
- une deuxième phase : apport d'une espèce dopante ; et
- une troisième phase : recuit.

20

Chacune de ces phases est sujette à divers modes de réalisation.

25

La conception d'un équipement de microélectronique dédié à la réalisation de l'invention améliore la qualité de réalisation de cette invention. En effet il faut que le temps s'écoulant entre la première et la troisième phase précédemment décrites soit le plus court possible afin d'assurer un potentiel constant des éléments 3 au début de la deuxième phase et une population d'ions adsorbés répétitive au début de la troisième phase.

30

On va maintenant décrire en relation avec la figure 2 la réalisation d'un équipement permettant de réaliser de manière optimale l'invention.

Cet équipement de salle blanche comporte trois chambres C1, C2, C3 reliées à un sas commun S par des sas secondaires P1, P2, P3.

La chambre C1 est dédiée à la première phase et comprend tous les moyens pour charger les éléments 3 avec un faisceau d'électrons.

Le sas secondaire P1 permet de maintenir un vide optimum dans la chambre C1.

5 La chambre C2 est dédiée à la seconde phase et génère un plasma d'ions utilisable pour doper les éléments 3. Le sas secondaire P2 permet d'éviter une pollution du sas principal S par les espèces chimiques générées dans l'enceinte de C2.

10 La chambre C3 comprend les moyens pour effectuer un recuit rapide de type RTP (« rapid thermal processing », en anglais) de la tranche pour réaliser la troisième phase du procédé de dopage. Le sas secondaire P3 permet de maintenir l'environnement gazeux à la pression voulue, par exemple de l'argon, dans la chambre C3.

15 Le sas principal S comprend les moyens pour faire transiter rapidement une tranche T d'une chambre à l'autre. Le système de sas P1, P2, et P3 permet de minimiser les temps de transit entre le sas principal S et les diverses chambres C1, C2, C3. S comprend en outre les moyens pour gérer un lot entier de 25 tranches, si nécessaire.

La figure 3 illustre un deuxième mode mise en oeuvre de la présente invention.

20 Durant la première phase, on charge à un potentiel positif les éléments résistifs 31 sélectionnés, par exemple avec un faisceau d'ions chargé positivement.

25 Durant la deuxième phase, on place la tranche dans un plasma d'ions 51 chargés négativement. Ces ions peuvent être des ions de phosphore, d'arsenic ou d'antimoine (P-, As-, Sb-). Ces ions s'adsorbent à la surface des éléments chargés positivement.

Durant la troisième phase on recuit la tranche. La résistivité des éléments 31 programmés diminue fortement. Ces éléments 31 ont un dopage de type N.

30 La figure 4 illustre un troisième mode de mise en oeuvre de la présente invention. Durant la première phase, on charge négativement des éléments gravés en silicium polycristallin, tels que les éléments désignés par la référence numérique générale 42, au moyen du faisceau d'électrons décrit précédemment. Durant la seconde phase, on réalise une implantation ionique de la tranche avec un faisceau d'ions 62

d'arsenic chargés négativement accélérés avec une faible énergie inférieure à 100 eV, par exemple 50 eV.

5 L'énergie cinétique de ces atomes d'arsenic est suffisamment faible pour qu'ils soient repoussés par la force électrostatique due à la charge de même signe des éléments 42. Seul les éléments 32, non chargés, subissent une implantation.

10 Durant la troisième phase, on recuit la tranche afin d'obtenir une faible résistivité pour les éléments 32 implantés. Des variantes de ce troisième mode de réalisation de la présente invention sont possibles. Ainsi, si les éléments sont chargés négativement, tout ion négatif comme ceux obtenus à partir d'atomes d'arsenic, de phosphore ou d'antimoine ( $\text{As}^-$ ,  $\text{P}^-$ ,  $\text{Sb}^-$ ) de faible énergie implantera les éléments complémentaires. A contrario, si le motif est chargé positivement, il  
15 faudra utiliser une implantation d'ions dopant chargés positivement obtenus à partir d'atomes de bore, d'aluminium ou d'indium ( $\text{B}^+$ ,  $\text{Al}^+$ ,  $\text{In}^+$ ).

On décrit maintenant un quatrième mode de mise en oeuvre de la présente invention.

20 Durant la première phase, on charge négativement toute la surface de la tranche. Pour cela on balaye toute la surface avec un faisceau d'électrons ou, plus simplement, on charge ladite surface en utilisant un peigne électrostatique porté à un fort potentiel négatif. Il est également possible de placer la tranche dans un fort champ électrique.

25 Ainsi, à ce stade de la première phase, la surface de la tranche, ainsi que les éléments en silicium gravés, comportent de nombreuses charges négatives. Une forte illumination de la surface, comme par exemple celle provoquée par un faisceau de lumière cohérente de type laser focalisé sur cette surface est capable, localement, de rendre  
30 conductrice cette surface.

A l'aide d'un faisceau laser, on décharge sélectivement certains éléments sélectionnés, les autres éléments en silicium restant à un potentiel fortement négatif. On est alors ramené aux modes de réalisation précédents.



On peut également apporter une charge positive sur la surface et éliminer localement les charges positives par une illumination laser. Un tel équipement laser en technologie de microélectronique capable de dessiner un motif dans de la résine existe pour réaliser les masques utilisables en technologie de microélectronique. Mutatis mutandis les problèmes posés par l'équipement d'écriture par faisceau laser et la solution apportée par la présente invention sont les mêmes que dans le cas d'une écriture directe sur tranche par faisceau d'électrons et dans le cadre du premier mode de réalisation.

Bien entendu la présente invention est susceptible de nombreuses variantes et améliorations qui apparaîtront à l'homme du métier.

En particulier les éléments du motif peuvent être alignés en réseau afin de faciliter leur intégration dans un plan de mémoire ROM. Chaque information 0 ou 1 du plan mémoire est représenté par un élément de motif conducteur ou non. L'homme du métier connaît les architectures et les décodeurs à utiliser pour lire un tel plan mémoire.

Chacun des éléments 3 et 4 peut être entouré d'une piste conductrice à la masse afin, par exemple dans le mode de réalisation 1, d'augmenter la latitude de précision de positionnement du faisceau d'électrons pendant la première phase et d'éviter tout effet électrostatique mutuel entre les éléments 3 et 4 pendant la deuxième phase.

On peut utiliser pour les éléments devant être dopés tout type de matériaux semiconducteur et en particulier du silicium amorphe ou monocristallin, du germanium.

On peut également utiliser des composés semiconducteurs comme par exemple de l'arséniure de gallium (AsGa).

Les ions utilisés peuvent être des complexes ioniques comportant plusieurs atomes et/ou possédant plusieurs charges électriques.

La méthode est applicable à partir du moment où la conductivité du matériau isolé déposé est modifiable par un atome électriquement chargé.

La méthode est particulièrement applicable aux dispositifs de type SOI (silicon on insulator). Ces composants électroniques sont par exemple des transistors MOS avec une grille en silicium polycristallin. Il est possible en utilisant l'enseignement de l'invention de doper sélectivement certains transistors avec un dopant de type N appliqué sur la source, le drain et la grille et de doper d'autres transistors avec un dopage de type P appliqué sur la source, le drain et la grille. On obtient alors sélectivement des transistors à canal N et des transistors à canal P sur un isolant.

Les première et seconde phases des divers modes de réalisation peuvent être combinées durant un même procédé de réalisation technologique afin de réaliser des éléments aux dopages et propriétés variés.

En utilisant les techniques de fabrication de la microélectronique on peut utiliser pour les éléments 3,4 des matériaux dont les propriétés physiques, magnétiques, optiques changent suivant les ions apportés en surface desdits matériaux.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de dopage d'un motif (3) d'éléments résistifs isolés électriquement, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes consistant à :

- 5                   - charger électriquement et sélectivement les éléments (3 ;31 ;32) dudit motif ;  
                  - apporter des atomes dopants auxdits éléments, en fonction de leur charge ; et  
                  - recuire le motif.

10               2. Procédé de dopage selon la revendication 1, caractérisé en ce que la charge électrique est apportée par un faisceau d'électrons ou un faisceau d'ions.

15               3. Procédé de dopage selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de chargement électrique des éléments résistifs comprend le chargement de l'ensemble du motif et le déchargement sélectif des éléments par un faisceau laser.

20               4. Procédé de dopage selon l'une quelconque des revendications de 1 à 3, caractérisé en ce que l'étape consistant à apporter les atomes dopants consiste à adsorber des ions (6 ;61 ;62) à la surface des éléments (3 ;31 ;32) chargés.

                  5. Procédé de dopage selon revendication 4, caractérisé en ce que les ions sont produits par un plasma et sont constitués par des ions issus d'atomes choisis parmi le bore, l'aluminium, l'indium, le phosphore, l'arsenic, et l'antimoine.

25               6. Procédé de dopage selon l'une quelconque des revendications de 1 à 3, caractérisé en ce que l'étape consistant à apporter les atomes dopants consiste à implanter des ions à la surface des éléments non chargés avec une énergie inférieure à 100 eV.

7. Procédé de dopage selon la revendication 6, caractérisé en ce que les ions implantés sont issus d'atomes choisis parmi le bore, l'aluminium, l'indium, le phosphore, l'arsenic, et l'antimoine.

5 8. Procédé de dopage selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les éléments (3 ; 31 ; 32) à doper sont réalisés en matériau semiconducteur.

9. Procédé de dopage selon la revendication 8, caractérisé en ce que le matériau des éléments à doper est du silicium, du germanium ou de l'arséniure de gallium.

10 10. Procédé de fabrication d'un circuit intégré dans un substrat (1) en silicium, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- dépôt sur le substrat (1) d'une couche isolante (2) ;
- dépôt d'une couche de silicium sur la couche isolante ;
- 15 - gravure d'un motif d'éléments résistifs (3, 4 ; 31, 41 ; 32, 42) dans ladite couche de silicium ;
- apport sélectif d'une charge électrique sur des éléments prédéterminés (3, 31, 32) ; et
- 20 - dopage des éléments (3, 31, 32) en fonction de leur charge.

11. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que les éléments (3, 4 ; 31, 41 ; 32, 42) devant être dopés sélectivement sont séparés par des lignes conductrices reliées à un potentiel fixe pendant la phase d'apport sélectif de la charge électrique sur le motif.

25 12. Installation de dopage d'un motif (3) d'éléments résistifs isolés électriquement, comportant trois chambres (C1, C2, C3) de traitement accessibles par un sas unique (S), caractérisé en ce que la première chambre comporte des moyens pour charger sélectivement un ou des éléments sélectionnés du motif, la deuxième chambre comporte

30

7. Procédé de dopage selon la revendication 6, caractérisé en ce que les ions implantés sont issus d'atomes choisis parmi le bore, l'aluminium, l'indium, le phosphore, l'arsenic, et l'antimoine.

5 8. Procédé de dopage selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les éléments (3 ; 31 ; 32) à doper sont réalisés en matériau semiconducteur.

9. Procédé de dopage selon la revendication 8, caractérisé en ce que le matériau des éléments à doper est du silicium, du germanium ou de l'arséniure de gallium.

10 10. Procédé de fabrication d'un circuit intégré dans un substrat (1) en silicium, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- dépôt sur le substrat (1) d'une couche isolante (2) ;
- dépôt d'une couche de silicium sur la couche isolante ;
- 15 - gravure d'un motif d'éléments résistifs (3, 4 ; 31, 41 ; 32, 42) dans ladite couche de silicium ;
- apport sélectif d'une charge électrique sur des éléments prédéterminés (3, 31, 32) ; et
- 20 - dopage des éléments (3, 31, 32) en fonction de leur charge.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que les éléments (3, 4 ; 31, 41 ; 32, 42) devant être dopés sélectivement sont séparés par des lignes conductrices reliées à un potentiel fixe pendant la phase d'apport sélectif de la charge électrique sur le motif.

25 12. Installation de dopage d'un motif (3) d'éléments résistifs isolés électriquement, comportant trois chambres (C1, C2, C3) de traitement accessibles par un sas unique (S), caractérisé en ce que la première chambre comporte des moyens pour charger sélectivement un ou des éléments sélectionnés du motif, la deuxième chambre comporte

30

des moyens pour doper les éléments en fonction de leur charge et la troisième chambre comporte des moyens de recuit.

13. Installation selon la revendication 12, caractérisé en ce que :

5

- la première chambre comporte des moyens pour générer un faisceau d'électrons et le focaliser à un endroit précis d'une tranche ;

10

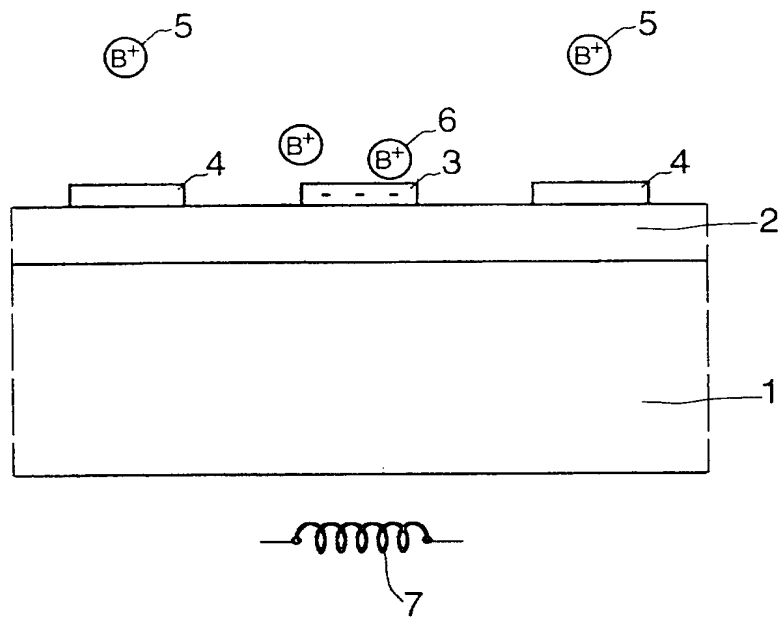
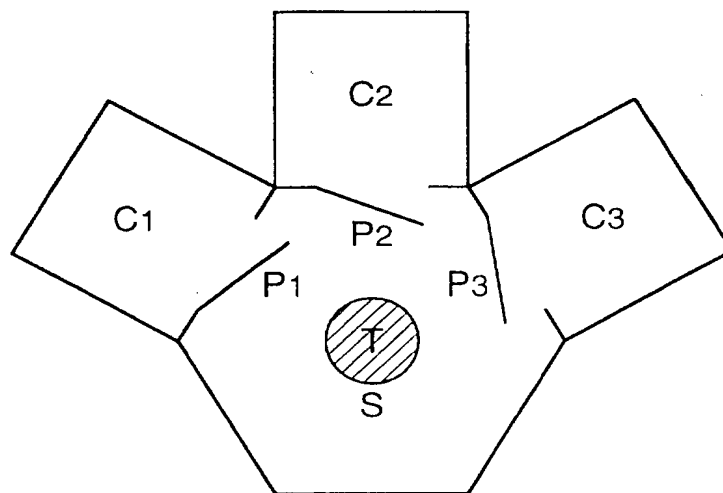
- la deuxième chambre comporte des moyens pour générer un plasma d'ions dopants pouvant atteindre une tranche placée à proximité ; et

- la troisième chambre comporte des moyens pour effectuer un recuit rapide d'une tranche.

15

14. Installation selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il comprend un sas (S) principal distribuant des tranches dans les trois chambres (C1, C2, C3) par l'entremise de sas secondaires (P1, P2, P3).

1/2

FIG.1FIG.2

1/2

FIG.1

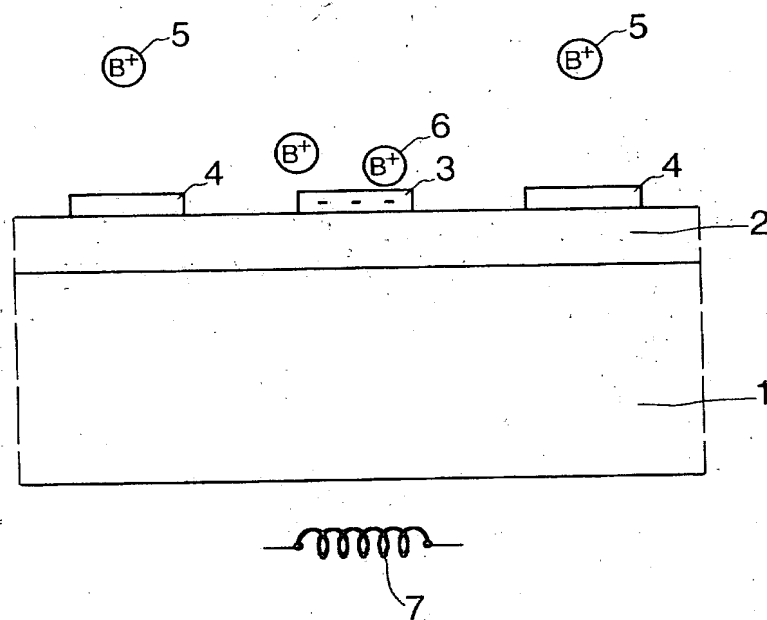
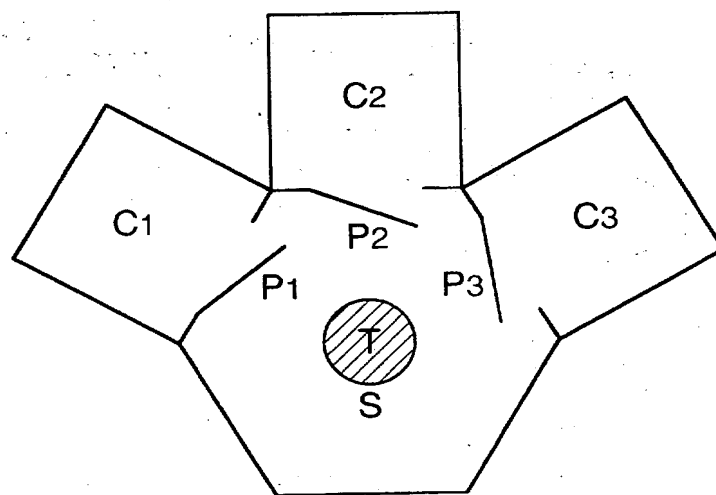
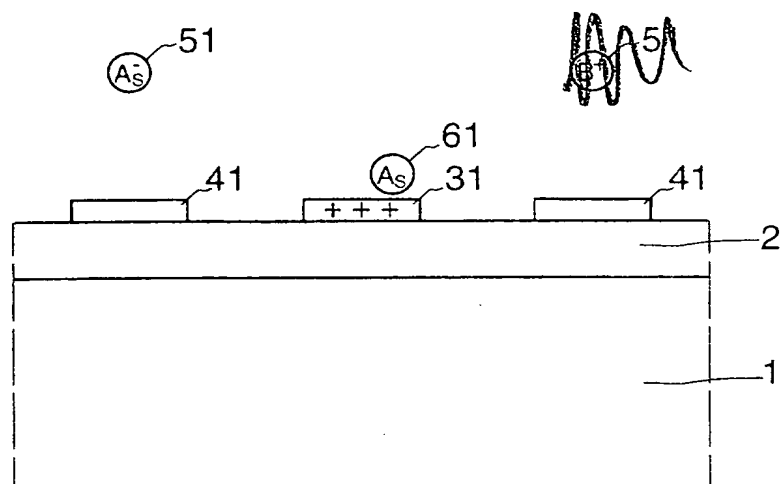
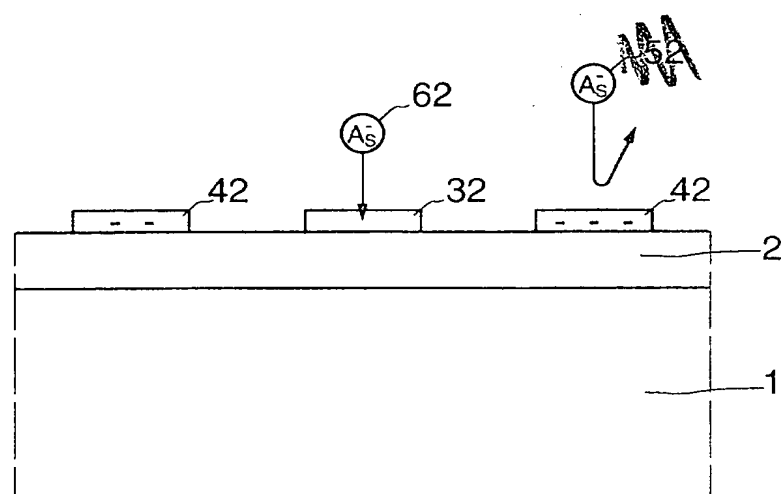


FIG.2



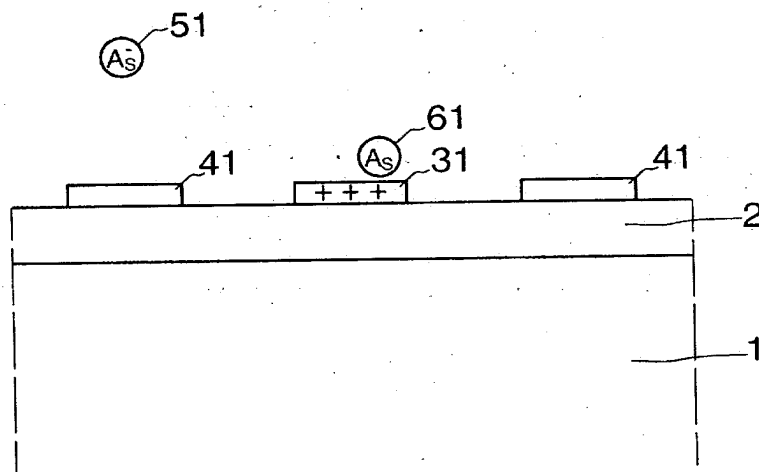


2/2

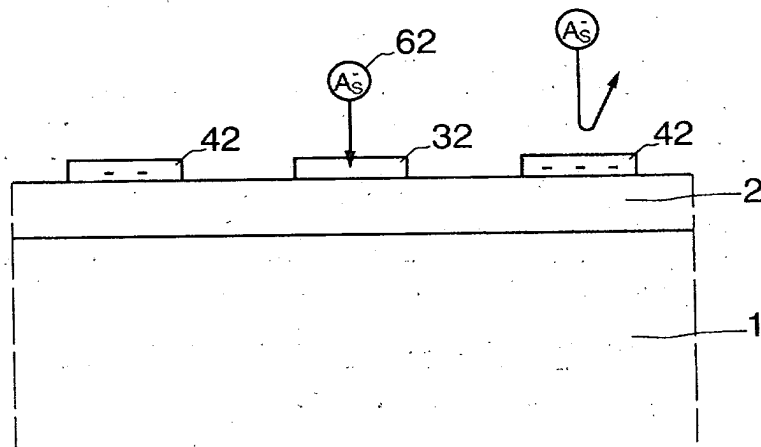
FIG.3FIG.4

2/2

**FIG.3**



**FIG.4**



**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235\*03

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1.../1...**INV**(À fournir dans le cas où les demandeurs et  
les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

09 113 49 77 270021

<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>		B 02/2051FR-ODE
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		0213011
<b>TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>		
Procédé et installation de dopage d'un motif d'éléments résistifs gravé.		
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>		
Société Anonyme dite : STMicroelectronics SA		
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b>		
<input checked="" type="checkbox"/> 1	Nom	GRIS
	Prénoms	Yvon
	Adresse	Rue
		Les Obdonnières
		Code postal et ville
		3 8 2 1 0 TULLINS
	Société d'appartenance (facultatif)	
<input checked="" type="checkbox"/> 2	Nom	
	Prénoms	
	Adresse	Rue
		Code postal et ville
	Société d'appartenance (facultatif)	
<input checked="" type="checkbox"/> 3	Nom	
	Prénoms	
	Adresse	Rue
		Code postal et ville
	Société d'appartenance (facultatif)	
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b>		Paris, le 18 Octobre 2002
<b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b>		
<b>OU DU MANDATAIRE</b>		
(Nom et qualité du signataire)		
		Francis ZAPALOWICZ, bm 92 2048 i
		Conseil en Propriété Industrielle

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

